(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/121689 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01) *B64G 1/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052009

(22) 国際出願日: 2016 年 1 月 25 日(25.01.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-013754 2015 年 1 月 27 日(27.01.2015) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒 1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 長▲瀬▼ 徹也 (NAGASE, Tetsuya); 〒 1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒 1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: FAILURE DIAGNOSTIC METHOD AND FAILURE DIAGNOSTIC SYSTEM

(54) 発明の名称 : 不具合診断方法及び不具合診断システム

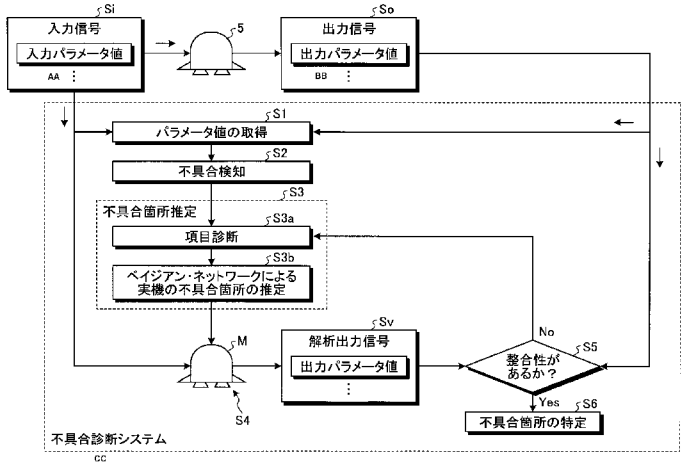


FIG. 2:
S1 Acquire parameter values
S2 Detect failure
S3 Estimate failure location
S3a Diagnose items
S3b Estimate failure location in actual equipment using Bayesian network
S5 Match?
S6 Identify failure location
Si Input signal
So Output signal
Sv Analysis output signal
AA Input parameter values
BB Output parameter values
CC Failure diagnostic system

(57) **Abstract**: The failure diagnostic method of the present invention is provided with: a parameter value acquisition step S1 for acquiring a plurality of parameter values that are included in an input signal Si and an output signal So of actual equipment 5; a failure detection step S2 for calculating a Mahalanobis distance relative to a unit space on the basis of the acquired parameter values using the Mahalanobis-Taguchi method, and diagnosing whether a failure has occurred in the actual equipment 5 on the basis of the calculated Mahalanobis distance; a failure location estimation step S3 for estimating a failure location in the actual equipment 5 on the basis of the Mahalanobis distance calculated in the failure detection step S2; and a match determination step S5 for creating a failure analysis model M for analyzing the actual equipment 5, on the basis of the failure location in the actual equipment 5 as estimated in the failure location estimation step S3, and determining whether an analysis output signal Sv for the actual equipment 5, which is obtained by analyzing the failure analysis model M, matches the output signal So output from the actual equipment 5.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/121689 A1

実機５の入力信号Ｓｉ及び出力信号Ｓｏに含まれる複数のパラメータ値を取得するパラメータ値取得工程Ｓ１と、マハラノビス・タグチメソッドを用いて、取得したパラメータ値に基づいて、単位空間からのマハラノビス距離を算出し、算出した前記マハラノビス距離に基づいて、実機５に不具合が発生したか否かを診断する不具合検知工程Ｓ２と、不具合検知工程Ｓ２において算出されるマハラノビス距離に基づいて、実機５の不具合箇所を推定する不具合箇所推定工程Ｓ３と、不具合箇所推定工程Ｓ３において推定した実機５の不具合箇所に基づいて、実機５を解析する不具合解析モデルＭを構築し、不具合解析モデルＭを解析することで得られる実機５の解析出力信号Ｓｖと、実機５から出力される出力信号Ｓｏとが整合するか否かを判定する整合判定工程Ｓ５とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 不具合診断方法及び不具合診断システム

技術分野

[0001] 本発明は、不具合診断方法及び不具合診断システムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、プラントの異常を診断する異常診断装置（例えば、特許文献１参照）、及びプラントが正常に運転されているか否かを判定するプラント運転状態監視方法が知られている（例えば、特許文献２参照）。特許文献１及び２に記載された発明では、マハラノビス距離を求め、求められたマハラノビス距離を、予め設定された閾値と比較することで、異常の有無を診断している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１４－３５２８２号公報

特許文献2：特開２０１３－１０１７１８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、異常または故障等の不具合を診断する不具合診断は、診断対象となる被対象機械に不具合が発生したか否かを検知する不具合検知の他、被対象機械に発生した不具合箇所を特定する場合がある。一般的に、不具合検知と不具合箇所の特定とを行う場合、被対象機械に発生した推定される不具合箇所に基づいて不具合解析モデルを構築する。そして、不具合解析モデルを解析することで得られる対象機械の出力信号である解析出力信号と、被対象機械の出力信号である実出力信号との整合を判定する。解析出力信号と実出力信号とが整合する場合には、推定した不具合箇所において不具合が発生しているとして、不具合検知と不具合箇所の特定とが同時に行われる。一方で、解析出力信号と実出力信号とが整合しない場合には、推定した不具合箇

所において不具合が発生していないとして、他の不具合箇所に基づいて不具合解析モデルを再度構築し、整合するまで繰り返し行われる。

[0005] しかしながら、不具合検知と不具合箇所の特定とを同時に行う場合、不具合が検知されるまでに時間が掛かってしまう。特に、不具合検知に基づいて被対象機械の制御を行う場合には、不具合検知を迅速に行う必要がある。具体的に、宇宙分野に用いられる機械として、例えば、ロケット等を適用し、ロケットの姿勢制御を行う場合には、不具合検知を迅速に行う必要がある。

[0006] そこで、本発明は、迅速に不具合検知を行うことができる不具合診断方法及び不具合診断システムを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の不具合診断方法は、不具合の診断対象となる被対象機械に入力される入力信号、及び、前記被対象機械から出力される出力信号の少なくとも一方の信号に含まれる複数のパラメータのパラメータ値を取得するパラメータ値取得工程と、多次元の統計的手法を用いて、前記パラメータ値取得工程において取得した前記パラメータ値に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知する不具合検知工程と、前記不具合検知工程において得られる特徴的なデータに基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定する不具合箇所推定工程と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、本発明の不具合診断システムは、不具合の診断対象となる被対象機械に入力される入力信号、及び、前記被対象機械から出力される出力信号の少なくとも一方の信号に含まれる複数のパラメータのパラメータ値を取得し、多次元の統計的手法を用いて、取得した前記パラメータ値に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、多次元の統計的手法により得られる特徴的なデータに基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することを特徴とする。

[0009] この構成によれば、被対象機械の不具合を検知した後、被対象機械の不具合箇所を推定することができる。このため、不具合検知と不具合箇所の特定とを同時に行うことなく、先に、不具合検知を行うことができるため、不具

合検知を迅速に行うことができる。なお、被対象機械の不具合とは、被対象機械の故障状態に限らず、被対象機械の故障前の異常状態も含む。

[0010] また、前記不具合箇所推定工程において推定した前記被対象機械の前記不具合箇所に基づいて、前記被対象機械を解析する不具合解析モデルを構築し、前記不具合解析モデルを解析することで得られる前記被対象機械の解析出力信号と、前記被対象機械から出力される前記出力信号とが整合するか否かを判定する整合判定工程と、をさらに備えることが好ましい。

[0011] また、推定した前記被対象機械の前記不具合箇所に基づいて、前記被対象機械を解析する不具合解析モデルを構築し、前記不具合解析モデルを解析することで得られる前記被対象機械の解析出力信号と、前記被対象機械から出力される前記出力信号とが整合するか否かを判定することが好ましい。

[0012] この構成によれば、推定した不具合箇所に基づく解析出信号と、被対象機械の実出力信号との整合を判定することで、被対象機械の不具合箇所を特定することができる。

[0013] また、前記多次元の統計的手法は、マハラノビス・タグチメソッドであり、前記不具合検知工程では、前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、予め設定される単位空間からのマハラノビス距離を算出し、算出した前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、前記不具合箇所推定工程では、前記特徴的なデータである前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することが好ましい。

[0014] また、前記多次元の統計的手法は、マハラノビス・タグチメソッドであり、前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、予め設定される単位空間からのマハラノビス距離を算出し、算出した前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、前記特徴的なデータである前記マハラノビス・タグチメソッドにより算出される前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することが好ましい。

[0015] この構成によれば、不具合箇所推定工程において、マハラノビス・タグチメソッドを用いることができるため、信頼性の高い不具合の検知を行うことができる。また、不具合箇所推定工程では、不具合箇所推定工程において算出されたマハラノビス距離を用いることができるため、不具合箇所を精度良く推定することができる。

[0016] また、前記不具合箇所推定工程は、前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、前記不具合検知工程において算出される前記マハラノビス距離に影響を与える前記パラメータを選定する項目診断工程と、前記項目診断工程において選定した前記パラメータに基づいて、ベイジアン・ネットワークを用いて、前記被対象機械の不具合箇所を推定する機械不具合推定工程と、を有することが好ましい。

[0017] この構成によれば、項目診断工程を行うことにより、不具合検知工程において算出されるマハラノビス距離を利用して、被対象機械の不具合に影響を与える最適なパラメータを選定することができる。また、機械不具合推定工程において、ベイジアン・ネットワークを用いることで、選定したパラメータから、被対象機械の不具合箇所を精度良く推定することができる。

[0018] また、前記不具合箇所推定工程は、前記不具合検知工程において前記被対象機械に不具合が発生していないと判定された場合、前記項目診断工程を行っており、前記項目診断工程において選定された前記パラメータを記憶するパラメータ記憶工程を、さらに備えることが好ましい。

[0019] この構成によれば、被対象機械に不具合が発生していないと判定された場合であっても、不具合検知工程において算出されるマハラノビス距離を利用して項目診断工程を行うことにより、被対象機械の不具合に影響を与えそうなパラメータを予め選定して記憶することができる。

[0020] また、前記不具合箇所推定工程は、前記不具合検知工程において前記被対象機械に不具合が発生していると判定された場合、前記パラメータ記憶工程において記憶した前記パラメータに基づいて、前記機械不具合推定工程を行うことが好ましい。

[0021] この構成によれば、被対象機械の不具合に影響を与えそうな、予め選定したパラメータを優先的に用いて、被対象機械の不具合箇所を推定することができる。このため、項目診断工程を省くことができる分、不具合箇所の推定を迅速に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図１は、本実施例に係る不具合診断システムに関する模式図である。

[図2]図２は、本実施例に係る不具合診断システムの動作に関する説明図である。

[図3]図３は、単位空間及びマハラノビス距離に関する説明図である。

[図4]図４は、要因効果図に関する説明図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下に、本発明に係る実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能であり、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせることも可能である。

実施例

[0024] 図１は、本実施例に係る不具合診断システムに関する模式図である。図２は、本実施例に係る不具合診断システムの動作に関する説明図である。図３は、単位空間及びマハラノビス距離に関する説明図である。図４は、要因効果図に関する説明図である。

[0025] 図１に示すように、不具合診断システム１は、不具合の診断対象となる被対象機械として、航空機または飛翔体等の実機５が適用されている。なお、本実施例では、単に実機５として説明するが、実機５としては、産業機械またはプラント等に適用してもよく、特に限定されない。この不具合診断システム１は、不具合検知に基づいて制御を行う実機５に対して、特に有用である。また、実機５の不具合とは、実機５の故障状態に限らず、実機５の故障

前の異常状態も含む。

[0026] 不具合診断システム１は、制御部１１と記憶部１２とを有しており、実機５へ入力する入力信号Ｓｉを出力し、また、実機５から出力される出力信号Ｓｏが入力される。記憶部１２は、不具合診断を行うための各種プログラム、及び不具合診断を行うために用いられる入力信号Ｓｉ及び出力信号Ｓｏに含まれる各種パラメータのパラメータ値等を記憶する。制御部１１は、詳細は後述するが、入力信号Ｓｉ及び出力信号Ｓｏ等に基づいて、実機５の不具合を検知したり、実機５に発生する不具合の箇所を特定したりする。

[0027] 次に、図２を参照して、不具合診断システム１について具体的に説明する。不具合診断システム１は、実機５の不具合診断を行う場合、記憶部１２に記憶された不具合診断を行うための各種プログラムを実行することで、パラメータ値取得工程Ｓ１と、不具合検知工程Ｓ２と、不具合箇所推定工程Ｓ３と、不具合解析工程Ｓ４と、整合判定工程Ｓ５と、不具合箇所特定工程Ｓ６とを行っている。

[0028] パラメータ値取得工程Ｓ１では、不具合診断システム１が、実機５へ向けて入力する入力信号Ｓｉと、実機５から出力される出力信号Ｓｏとを取得している。入力信号Ｓｉには、実機５を制御するために用いられる複数の入力パラメータに関する入力パラメータ値が含まれており、入力パラメータとしては、例えば、実機５の周囲の環境に関する情報、または実機５の運転コマンド等がある。出力信号Ｓｏには、実機５の各部を計測する計測センサから得られる複数の出力パラメータに関する出力パラメータ値が含まれており、出力パラメータとしては、例えば、所定の部位における圧力値、温度、電圧値、電流値、実機５の出力値、実機５の位置、実機５の姿勢、実機５の速度等がある。不具合診断システム１は、パラメータ値取得工程Ｓ１において取得した複数のパラメータに関するパラメータ値を、記憶部１２に記憶する。

[0029] なお、本実施例のパラメータ値取得工程Ｓ１では、入力信号Ｓｉ及び出力信号Ｓｏのパラメータ値を取得したが、入力信号Ｓｉ及び出力信号Ｓｏの少なくとも一方の信号に含まれるパラメータ値を取得してもよく、複数のパラ

メータ値を取得するのであれば、特に限定されない。

[0030] 不具合検知工程Ｓ２では、マハラノビス・タグチメソッド（いわゆるＭＴ法）を用いて、パラメータ値取得工程Ｓ１において取得した複数のパラメータ値に基づいて、予め設定される単位空間Ｆからのマハラノビス距離Ｄを算出し、算出したマハラノビス距離Ｄに基づいて、実機５に不具合が発生したか否かを検知している。ここで、不具合診断システム１の記憶部１２には、複数のパラメータ（例えば、パラメータＸ及びパラメータＹ）に基づく、図３に示す多次元空間が記憶されている。この多次元空間の中には、正常となる単位空間Ｆが予め設定されている。単位空間Ｆは、複数のパラメータ値の相関関係が正常であるとされる複数のデータ点に基づいて設定される。なお、単位空間Ｆは、その中心から外側に広がる複数の空間が形成されていてもよい。

[0031] マハラノビス距離Ｄは、単位空間Ｆの中心からの距離であり、マハラノビス距離Ｄを算出する所定の算出式を用いて算出される。つまり、制御部１１は、パラメータ値取得工程Ｓ１において取得した複数のパラメータ値を、所定の算出式に代入することで、マハラノビス距離Ｄを算出する。

[0032] ここで、図３に示すように、制御部１１によって算出されたマハラノビス距離Ｄが、単位空間Ｆの内側に収まるマハラノビス距離Ｄ１である場合、不具合検知工程Ｓ２において、制御部１１は、実機５に不具合は発生していないと検知する。一方で、制御部１１によって算出されたマハラノビス距離Ｄが、単位空間Ｆの外側に逸脱するマハラノビス距離Ｄ２である場合、不具合検知工程Ｓ２において、制御部１１は、実機５に不具合は発生していると検知する。なお、制御部１１は、不具合検知工程Ｓ２において、実機５に不具合は発生していないと検知した場合、不具合の発生を検知するまで、繰り返し不具合検知工程Ｓ２を実行する。

[0033] 不具合箇所推定工程Ｓ３は、不具合検知工程Ｓ２において算出されるマハラノビス距離Ｄに基づいて、実機５の不具合箇所を推定している。なお、推定する不具合箇所は、１以上の箇所であればよく、特に限定されない。具体

的に、不具合箇所推定工程Ｓ３は、項目診断工程Ｓ３ａと、実機不具合推定工程（機械不具合推定工程）Ｓ３ｂとを有している。

[0034] 項目診断工程Ｓ３ａでは、マハラノビス・タグチメソッドを用いて、不具合検知工程Ｓ２において算出されるマハラノビス距離Ｄに影響を与えるパラメータを選定している。具体的に、項目診断工程Ｓ３ａでは、マハラノビス距離Ｄを算出する際に用いられた複数のパラメータについて、マハラノビス・タグチメソッドを用いて、図示しない直交表に割り付けを行う。この直交表では、各パラメータについて、異なるパラメータ値を割り付けており、例えば、所定のパラメータＡ～Ｚについて、パラメータ値Ａ１～Ｚ１及びパラメータ値Ａ２～Ｚ２を割り付けている。そして、項目診断工程Ｓ３ａでは、直交表に割り付けられた複数のパラメータのパラメータ値に基づいて、図４に示す各パラメータのＳ／Ｎ比に関する要因効果図を生成する。

[0035] 図４は、各パラメータのＳ／Ｎ比に関する要因効果図であり、その縦軸が、Ｓ／Ｎ比となっており、その横軸が、各パラメータ及びパラメータ値となっている。なお、Ｓ／Ｎ比は、一般に「ＳＮ比＝出力の大きさ／誤差変動」で定義されており、ばらつきの大きさを示している。つまり、Ｓ／Ｎ比が大きければばらつきが小さく、本実施例では、マハラノビス距離Ｄに大きな影響を与えることとなる。そして、Ｓ／Ｎ比に基づく要因効果図から、マハラノビス距離Ｄに影響を与えるパラメータを選定する。例えば、Ｓ／Ｎ比が、予め設定された閾値よりも大きくなるパラメータを選定したり、または、Ｓ／Ｎ比が大きい順に、所定の数のパラメータを選定したりする。

[0036] 実機不具合推定工程Ｓ３ｂでは、項目診断工程Ｓ３ａにおいて選定したパラメータに基づいて、ベイジアン・ネットワークを用いて、実機５の不具合箇所を推定している。ベイジアン・ネットワークは、いわゆるベイズの定理に基づいて構築されており、実機５の所定の箇所における不具合事象が発生した場合に、各パラメータのパラメータ値に大きな影響を与える確率を設定している。つまり、ベイジアン・ネットワークでは、不具合箇所と各パラメータに影響を与える確率とを対応付けている。このため、実機不具合推定工

程Ｓ３ｂでは、ベイジアン・ネットワークを用いることで、項目診断工程Ｓ３ａにおいて選定したパラメータに対応付けられる実機５の不具合箇所を、確率に基づいて推定することができる。すなわち、実機不具合推定工程Ｓ３ｂでは、項目診断工程Ｓ３ａにおいて選定したパラメータに対し、実機５の所定の箇所において不具合が発生する確率が導出される。そして、制御部１１は、実機不具合推定工程Ｓ３ｂにおいて導出された、不具合が発生する確率が高い箇所を、実機５の不具合箇所であると推定する。

[0037] 解析工程Ｓ４では、制御部１１が、不具合箇所推定工程Ｓ３において推定された実機５の不具合箇所に基づいて、実機５を解析するための不具合解析モデルＭを構築する。制御部１１は、不具合解析モデルＭを構築すると、この不具合解析モデルＭに、入力信号Ｓｉの入力パラメータ値を与えて解析を行うことで、解析結果として出力される実機５の解析出力信号Ｓｖを導出する。

[0038] 整合判定工程Ｓ５では、不具合解析工程Ｓ４において導出された解析出力信号Ｓｖと、実機５から実出力される出力信号Ｓｏとが整合するか否かを、制御部１１が判定している。具体的に、制御部１１は、解析出力信号Ｓｖに含まれる各パラメータの出力パラメータ値と、出力信号Ｓｏに含まれる各パラメータの出力パラメータ値との偏差が、予め設定された所定の範囲内であれば、整合していると判定し（ステップＳ５：Ｙｅｓ）、不具合箇所特定工程Ｓ６に移行する。一方で、制御部１１は、解析出力信号Ｓｖに含まれる各パラメータの出力パラメータ値と、出力信号Ｓｏに含まれる各パラメータの出力パラメータ値との偏差が、予め設定された所定の範囲外であれば、整合していないと判定し（ステップＳ５：Ｎｏ）、不具合箇所推定工程Ｓ３に再び進んで、整合していると判定されるまで繰り返し行われる。

[0039] 不具合箇所特定工程Ｓ６では、整合判定工程Ｓ５において解析出力信号Ｓｖと出力信号Ｓｏとが整合していると判定されると、不具合箇所推定工程Ｓ３において推定された不具合箇所において、不具合が発生していると特定する。

[0040] 以上のように、本実施例によれば、制御部１１は、不具合検知工程Ｓ２において、実機５の不具合を検知した後、不具合箇所推定工程Ｓ３において、実機５の不具合箇所を推定することができる。そして、制御部１１は、整合判定工程Ｓ５において、解析出力信号Ｓｖと出力信号Ｓｏとの整合を判定することで、不具合箇所特定工程Ｓ６において、実機５の不具合箇所を特定することができる。このため、制御部１１は、不具合検知と不具合箇所の特定とを同時に行うことなく、先に、不具合検知を行うことができるため、不具合検知を迅速に行うことができる。

[0041] また、本実施例によれば、項目診断工程Ｓ３ａを行うことにより、不具合検知工程Ｓ２において算出されるマハラノビス距離Ｄを利用して、実機５の不具合に影響を与える最適なパラメータを選定することができる。また、実機不具合推定工程Ｓ３ｂにおいて、ベイジアン・ネットワークを用いることで、選定したパラメータから、実機５の不具合箇所を精度良く推定することができる。

[0042] なお、本実施例では、制御部１１は、不具合検知工程Ｓ２において、実機５に不具合は発生していないと検知した場合、不具合の発生を検知するまで、繰り返し不具合検知工程Ｓ２を実行した。しかしながら、この構成に限定されず、本実施例の不具合診断システム１を下記のように構成してもよい。

[0043] 具体的に、制御部１１は、不具合検知工程Ｓ２において、実機５に不具合が発生していないと検知した場合、項目診断工程Ｓ３ａを実行することで、マハラノビス距離Ｄに影響を与えるパラメータを選定し、項目診断工程Ｓ３ａにおいて選定されたパラメータを記憶部１２に記憶するパラメータ記憶工程を実行する。より具体的には、単位空間Ｆを、正常な単位空間と、不具合ではないが要注意とされる単位空間とに区分けする。そして、制御部１１は、不具合検知工程Ｓ２において、マハラノビス距離Ｄが不具合ではないが要注意とされる単位空間の内側に収まる場合、このマハラノビス距離Ｄに影響を与えるパラメータを記憶部１２に記憶させる。そして、制御部１１は、繰り返し実行される不具合検知工程Ｓ２において、実機５に不具合が発生して

いると検知した場合、パラメータ記憶工程において記憶したパラメータに基づいて、実機不具合推定工程Ｓ３ｂを行う。なお、制御部１１は、パラメータ記憶工程において記憶したパラメータを用いて、不具合解析工程Ｓ４及び整合判定工程Ｓ５を実行した結果、整合しないと判定した場合には、項目診断工程Ｓ３ａを行ってもよい。

[0044] この構成によれば、実機５に不具合が発生していないと判定された場合であっても、不具合検知工程Ｓ２において算出されるマハラノビス距離Ｄを利用して、項目診断工程Ｓ３ａを行うことにより、実機５の不具合に影響を与えそうなパラメータを予め選定して、記憶部１２に記憶することができる。この後、実機５に不具合が発生していると判定された場合には、予め選定したパラメータを優先的に用いることで、項目診断工程Ｓ３ａを省き、実機不具合推定工程Ｓ３ｂを迅速に行うことができる。

[0045] また、本実施例では、多次元の統計的手法として、マハラノビス・タグチメソッドを用いたが、特に限定されず、他の多次元の統計的手法として、例えば、サポートベクターマシン（ＳＶＭ）等を適用してもよい。

符号の説明

[0046] １　不具合診断システム

５　実機

１１　制御部

１２　記憶部

Ｓｉ　入力信号

Ｓｏ　出力信号

Ｓｖ　解析出力信号

Ｆ　単位空間

Ｄ　マハラノビス距離

Ｍ　不具合解析モデル

請求の範囲

[請求項1] 不具合の診断対象となる被対象機械に入力される入力信号、及び、前記被対象機械から出力される出力信号の少なくとも一方の信号に含まれる複数のパラメータのパラメータ値を取得するパラメータ値取得工程と、

多次元の統計的手法を用いて、前記パラメータ値取得工程において取得した前記パラメータ値に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知する不具合検知工程と、

前記不具合検知工程において得られる特徴的なデータに基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定する不具合箇所推定工程と、を備えることを特徴とする不具合診断方法。

[請求項2] 前記不具合箇所推定工程において推定した前記被対象機械の前記不具合箇所に基づいて、前記被対象機械を解析する不具合解析モデルを構築し、前記不具合解析モデルを解析することで得られる前記被対象機械の解析出力信号と、前記被対象機械から出力される前記出力信号とが整合するか否かを判定する整合判定工程と、をさらに備えることを特徴とする請求項１に記載の不具合診断方法。

[請求項3] 前記多次元の統計的手法は、マハラノビス・タグチメソッドであり、

前記不具合検知工程では、前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、予め設定される単位空間からのマハラノビス距離を算出し、算出した前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、

前記不具合箇所推定工程では、前記特徴的なデータである前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することを特徴とする請求項１または２に記載の不具合診断方法。

[請求項4] 前記不具合箇所推定工程は、

前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、前記不具合検知工程

において算出される前記マハラノビス距離に影響を与える前記パラメータを選定する項目診断工程と、

前記項目診断工程において選定した前記パラメータに基づいて、ベイジアン・ネットワークを用いて、前記被対象機械の不具合箇所を推定する機械不具合推定工程と、を有することを特徴とする請求項３に記載の不具合診断方法。

[請求項5] 前記不具合箇所推定工程は、前記不具合検知工程において前記被対象機械に不具合が発生していないと判定された場合、前記項目診断工程を行っており、

前記項目診断工程において選定された前記パラメータを記憶するパラメータ記憶工程を、さらに備えることを特徴とする請求項４に記載の不具合診断方法。

[請求項6] 前記不具合箇所推定工程は、前記不具合検知工程において前記被対象機械に不具合が発生していると判定された場合、前記パラメータ記憶工程において記憶した前記パラメータに基づいて、前記機械不具合推定工程を行うことを特徴とする請求項５に記載の不具合診断方法。

[請求項7] 不具合の診断対象となる被対象機械に入力される入力信号、及び、前記被対象機械から出力される出力信号の少なくとも一方の信号に含まれる複数のパラメータのパラメータ値を取得し、

多次元の統計的手法を用いて、取得した前記パラメータ値に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、

多次元の統計的手法により得られる特徴的なデータに基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することを特徴とする不具合診断システム。

[請求項8] 推定した前記被対象機械の前記不具合箇所に基づいて、前記被対象機械を解析する不具合解析モデルを構築し、前記不具合解析モデルを解析することで得られる前記被対象機械の解析出力信号と、前記被対象機械から出力される前記出力信号とが整合するか否かを判定するこ

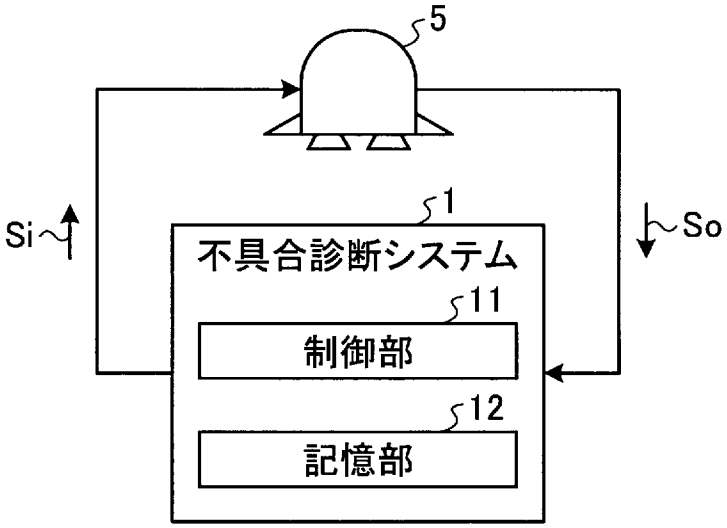
とを特徴とする請求項７に記載の不具合診断システム。

[請求項9] 前記多次元の統計的手法は、マハラノビス・タグチメソッドであり、

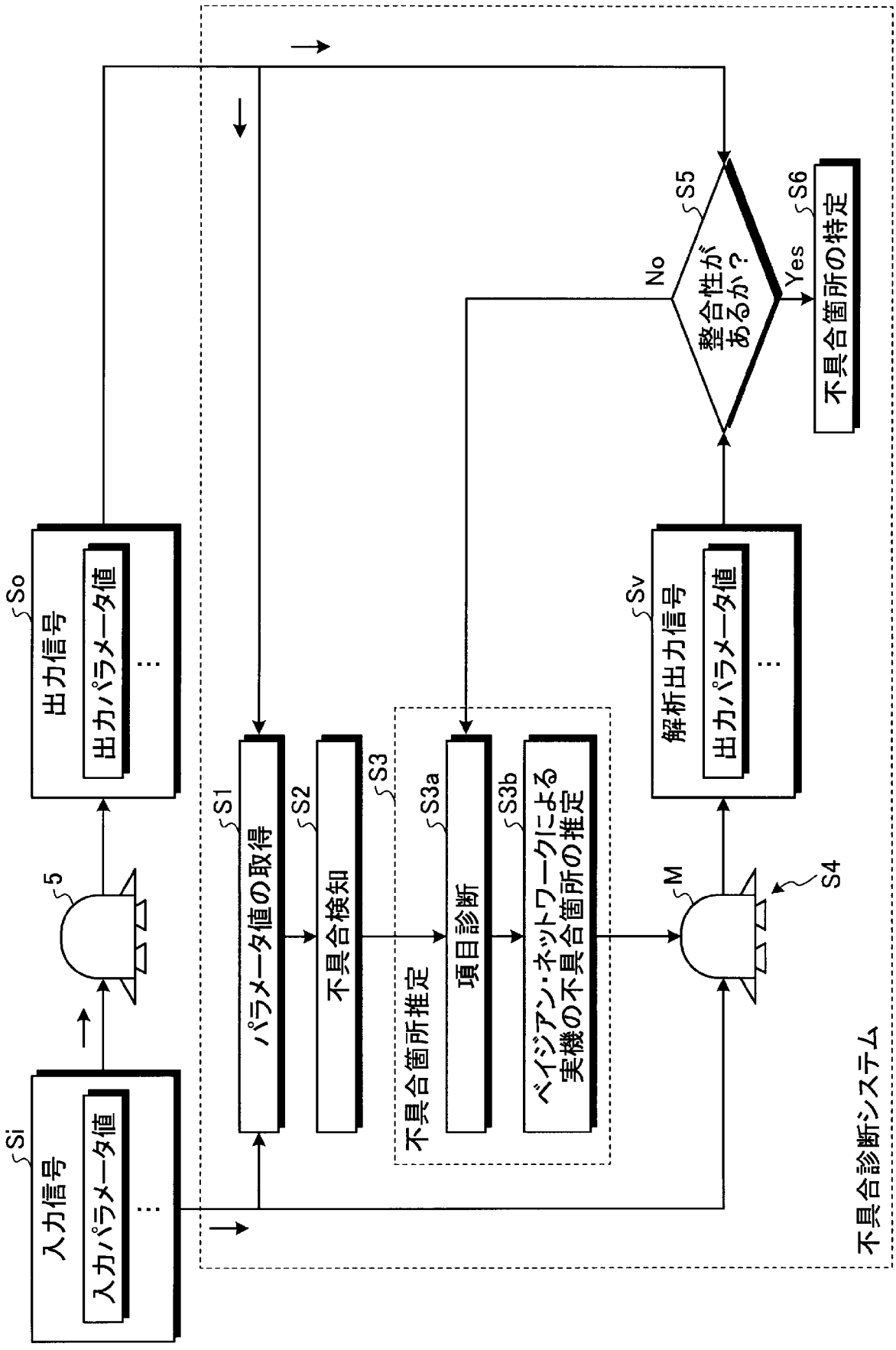
前記マハラノビス・タグチメソッドを用いて、予め設定される単位空間からのマハラノビス距離を算出し、算出した前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械に不具合が発生したか否かを検知し、

前記特徴的なデータである前記マハラノビス・タグチメソッドにより算出される前記マハラノビス距離に基づいて、前記被対象機械の不具合箇所を推定することを特徴とする請求項７または８に記載の不具合診断システム。

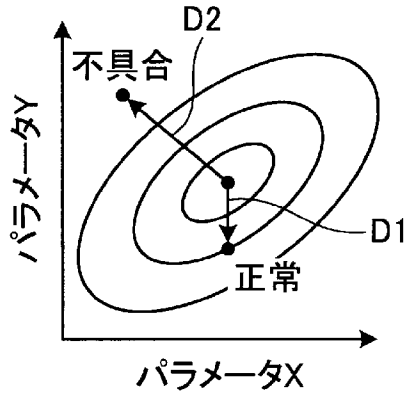
[図1]



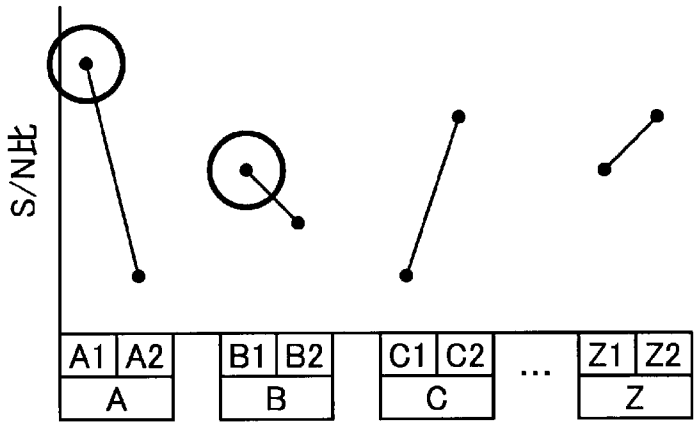
[図2]


Si
入力信号
入力パラメータ値
…
5
So
出力信号
出力パラメータ値
…
S1
パラメータ値の取得
S2
不具合検知
S3
不具合箇所推定
S3a
項目診断
S3b
ベイジアン・ネットワークによる
実機の不具合箇所の推定
M
S4
Sv
解析出力信号
出力パラメータ値
…
S5
整合性が
あるか？
No
Yes
S6
不具合箇所の特定
不具合診断システム

[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/052009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B23/02(2006.01)i, *B64G1/28*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05B23/02, B64G1/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2007-213194 A (Yokogawa Electric Corp.), 23 August 2007 (23.08.2007), paragraphs [0022] to [0057]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1,3,7,9 2,4-5,8 6
Y	JP 8-6635 A (Toshiba Corp.), 12 January 1996 (12.01.1996), paragraphs [0016] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	2,4-5,8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 March 2016 (31.03.16)	12 April 2016 (12.04.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/052009

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2010/061681 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0023] to [0024] & JP 2010-128553 A & US 2011/046995 A1 paragraphs [0039] to [0043] & GB 2471805 A & MX 2010010750 A & CN 101981421 A & KR 10-2010-0113635 A	4-5 6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５２００９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B23/02(2006.01)i, B64G1/28(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B23/02, B64G1/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	JP 2007-213194 A (横河電機株式会社) 2007.08.23, 段落[００２２]－[００５７]、図１－５ (ファミリーなし)	1,3,7,9 2,4-5,8 6
Y	JP 8-6635 A (株式会社東芝) 1996.01.12, 段落[００１６]－[００２１]、図１－２ (ファミリーなし)	2,4-5,8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
３１．０３．２０１６	１２．０４．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　５７８５
青山　純
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2010/061681 A1 (三菱重工業株式会社)	4-5
A	2010.06.03, 段落[００２３]－[００２４]	6
	& JP 2010-128553 A & US 2011/046995 A1, 段落[0039]-[0043]	
	& GB 2471805 A & MX 2010010750 A & CN 101981421 A	
	& KR 10-2010-0113635 A	